

ANALISA BEBAN UDARA SEBAGAI MEDIA PENDINGIN DIKONDENSOR PADA TRAINER COLD STORAGE

Eis Saputra, Agus Budihadi ST.,MT

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

Email: eissaputra97@mercubuana.ac.id

Abstrak – Kondensor pada sistem refrigerasi berfungsi untuk membuang udara panas ke lingkungan sekitar dan merubah refrigeran dari gas ke cair. Kualitas kondensor sangat berpengaruh pada kualitas produk yang didinginkan, dari itu peneliti tertarik meneliti beban udara kondensor, massa aliran udara kondensor, dan temperatur udara kondensor. Cara yang dilakukan untuk menganalisa beban udara dikondensor dengan mengambil data suhu, kelembaban udara untuk mencari enthalpi menggunakan diagram psikrometrik dan didapatkan hasil didapat beban udara terendah 0,4 kJ/s pada waktu 1 jam dan beban yang tertinggi 0,6 kJ/s pada waktu 30 menit pada kondensor berpendingin udara, didapatkan massa aliran udara tertinggi pada waktu 1,5 jam dengan jumlah 0,065 kg/s dan terendah pada waktu 0,052 kg/s dan didapatkan temperatur masuk kondensor ditiga titik pengambilan data tidak terlalu berubah secara signifikan dan relatif setara, sedangkan pada temperatur keluar kondensor didapatkan suhu dari titik pengambilan data 1 ke titik pengambilan data 3, temperatur semakin rendah disebabkan suhu refrigeran didalam kondensor semakin menurun.

Kata kunci: Beban udara dikondensor, kondensor berpendingin udara, cold storage

Abstract – The condenser in the refrigeration system functions to throw hot air into the surrounding environment and convert the refrigerant from the gas to liquid. The quality of the condenser is very influential on the quality of the product being cooled, so the researchers are interested in examining the condenser air load, the condenser mass flow, and the condenser air temperature. The way to analyze air load is condensed by taking temperature, air humidity to find enthalpy using psychrometric diagrams and it is found that the lowest air load is 0.4 kJ/s at 1 hour and the highest load is 0.6 kJ/s at the time 30 minutes on an air-cooled condenser, the highest mass of air flow was obtained at 1.5 hours with the amount of 0.065 kg/s and the lowest at 0.052 kg/s and the condenser input temperature in the three data collection points did not change significantly and was relatively equal, while at the exit temperature the condenser gets the temperature from the data collection point 1 to the data collection point 3, the temperature gets lower because the temperature of the refrigerant in the condenser decreases.

Keywords: Air load condenser, air cooled condenser, cold storage

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini mesin pendingin atau mesin refrigerasi sudah menjadi bagian penting dalam kehidupan, baik dibidang industri maupun rumah tangga. Penggunaan mesin refrigerasi sudah banyak dikenal oleh masyarakat luas baik untuk industri perhotelan, obat-obatan, makanan serta sebagai pengawet makanan dan lain sebagainya.

Saat ini mesin refrigerasi banyak sekali dibutuhkan untuk pengkondisi udara seperti yang banyak di kenal oleh masyarakat luas seperti *freezer*, *cold storage* dan kulkas yang digunakan untuk menjaga dan mempertahankan kondisi suatu produk agar tetap baik dalam jangka waktu yang lama [1].

Penggunaan dan pemilihan mesin pendingin yang baik sangat berpengaruh pada kualitas kesegaran prodak agar tetap terjaga dalam kondisi baik. Kualitas dari suatu mesin pendingin tergantung pada komponen-komponen didalamnya. Salah satu komponen yang sangat berpengaruh pada mesin refrigerasi adalah kondensor. Oleh karena itu penulis tertarik untuk menganalisa kondensor berpendingin udara pada mesin pendingin *trainer cold storage*, peneliti ingin menganalisa beban udara, massa aliran udara dan temperatur dari kondensor berpendingin udara [2].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah

bagaimana analisis beban udara pada kondensor berpendingin udara pada sistem

refrigerasi kompresi uap pada *trainer cold storage*.

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui beban udara di kondensor berpendingin udara
- b. Dapat menghitung laju aliran massa udara di kondensor berpendingin udara
- c. Menganalisa temperatur udara masuk dan keluar di kondensor berpendingin udara

1.4 Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penelitian ini akan dibatasi oleh beberapa masalah yaitu sabagai berikut:

- a. Hanya menganalisa beban udara pada kondensor berpendingin udara
- b. Hanya menghitung laju aliran massa udara pada kondensor berpendingin udara
- c. Hanya menganalisa temperatur udara masuk dan udara keluar kondensor berpendingin udara

2. TINJAUAN PUSATAKA

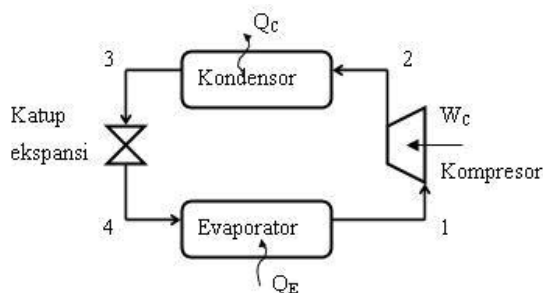
2.1 Sistem Refrigerasi dan Siklus Refrigerasi

Sistem refrigerasi adalah suatu sistem yang menjadikan kondisi temperatur suatu ruangan berada dibawah temperatur semula

(menjadikan temperatur dibawah temperatur siklus). Pada prinsipnya kondisi temperatur rendah yang dihasilkan oleh suatu sistem refrigerasi diakibatkan oleh penyerapan panas oleh reservoir dingin (low temperature source) merupakan salah satu bagian dari sistem refrigerasi tersebut. Panas yang diserap bersama-sama energi (kerja) yang diberikan kerja luar dibuang pada bagian sistem refrigerasi yang disebut reservoir panas (high temperature sink). Siklus refrigerasi untuk pendingin yang banyak dipakai adalah siklus refrigerasi kompresi uap dan siklus refrigerasi kompresi absorsi. Seperti halnya pada mesin refrigerasi untuk penyegaran udara, perlengkapan tersebut dibawah ini kebanyakan dipakai juga pada mesin refrigerasi untuk pendinginan [3].

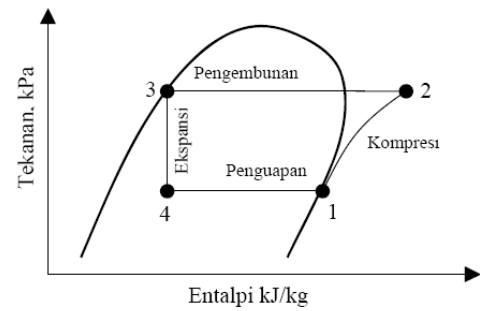
2.2 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

Siklus kompresi uap adalah siklus dimana fluida kerja secara berganti-ganti diuapkan dan diembunkan, dengan suatu proses kompresi uap diantara kedua proses tersebut.



Gambar 1. Siklus refrigerasi kompresi uap

Pada diagram P-h, siklus refrigerasi kompresi uap dapat digambarkan sebagai berikut [3]:



Gambar 2. Siklus sistem refrigerasi pada diagram P-h

2.2.1 Siklus Kompresi Uap Standard

Model proses siklus kompresi uap standar ditunjukkan oleh diagram P-h dan model sistemnya pada Gambar 1 dan 2.

a. Kompresi (proses 1 - 2)

Proses ini berlangsung di kompresor secara isentropik adiabatik. Kondisi awal refrigeran pada saat masuk di kompresor adalah uap jenuh bertekanan rendah, setelah dikompresi refrigeran menjadi uap bertekanan tinggi. Oleh karena itu, proses ini dianggap isentropik sehingga temperatur keluar pun meningkat. Besarnya kerja kompresi persatuan massa refrigeran bisa dihitung dengan rumus:

$$q_w = h_2 - h_1 \tag{1}$$

Besarnya daya kerja kompresi yang dilakukan :

$$Q_w = m \times q_w \tag{2}$$

dimana:

Q_w = Daya kompresi yang dilakukan (kW)

m = Laju aliran massa refrigeran (kg/s)

q_w = Kerja kompresi yang dilakukan (kJ/kg)

h_2 = enthalpy refrigeran saat keluar kompresor (kJ/kg)

h_1 = enthalpy refrigeran saat masuk kompresor (kJ/kg)

b. Kondensasi (proses 2 - 3)

Proses ini berlangsung di kondensor. Refrigeran yang bertekanan tinggi keluar dari kompresor membuang kalor sehingga fasanya berubah menjadi cair. Hal ini berarti bahwa di kondensor terjadi di penukaran kalor antara refrigeran ke udara pendinginan dan akhirnya refrigeran mengembun menjadi cair. Besar panas persatuan massa refrigeran yang dilepaskan di kondensor dinyatakan sebagai:

$$q_c = h_2 - h_3 \quad (3)$$

Besarnya kapasitas kondensor yang dilakukan :

$$Q_c = m \times q_c \quad (4)$$

dimana :

- Q_c = Kapasitas pembuangan panas (kW)
- m = Laju aliran massa refrigeran (kg/s)
- q_c = Kalor yang dilepas oleh kondensor (kJ/kg)
- h_2 = enthalpy refrigeran saat masuk kondensor (kJ/kg)
- h_3 = enthalpy refrigeran saat keluar kondensor (kJ/kg)

c. Ekspansi (proses 3 - 4)

Proses ini berlangsung secara isoentalpi, hal ini berarti tidak terjadi di penambahan entalpi tetapi terjadi di drop tekanan dan penurunan temperatur. Proses penurunan tekanan terjadi di katup ekspansi yang berbentuk pipa kapiler atau orifice yang berfungsi mengatur laju aliran refrigeran dan menurunkan tekanan.

$$h_3 = h_4 \quad (5)$$

dimana :

h_3 = enthalpy refrigeran saat masuk ekspansi (kJ/kg)

h_4 = enthalpy refrigeran saat keluar ekspansi (kJ/kg)

d. Evaporasi (proses 4 - 1)

Proses ini berlangsung di evaporator secara isobar isotermal. Refrigeran dalam wujud cair bertekanan rendah menyerap kalor dari lingkungan atau media yang didinginkan sehingga wujudnya berubah menjadi gas bertekanan rendah. Kondisi refrigeran saat masuk evaporator sebenarnya adalah campuran cair dan gas, yang mana posisi titik 4 berada di dalam kubah garis jenuh. Besarnya kalor yang diserap oleh evaporator adalah:

$$q_e = h_1 - h_4 \quad (6)$$

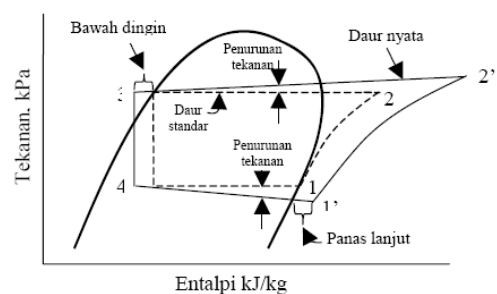
Besarnya kapasitas evaporator yang dilakukan [3]:

$$Q_e = \dot{m} \times q_e \quad (7)$$

dimana :

- Q_e = Kapasitas pendinginan (kW)
- \dot{m} = Laju aliran massa refrigeran (kg/s)
- q_e = kalor yang diserap oleh evaporator (kJ/kg)
- h_1 = enthalpy refrigeran saat keluar evaporator (kJ/kg)
- h_4 = enthalpy refrigeran saat masuk evaporator (kJ/kg)

2.2.2 Siklus Kompresi Uap Aktual



Gambar 5. Perbandingan siklus kompresi uap aktual dan standar

Penyimpangan siklus uap standar ke aktual terutama karena adanya kerugian/penurunan tekanan (*pressure drop*) pada kondensator dan evaporator, serta ireversibilitas proses dalam kompresor, sebagai perbandingan, kedua siklus dalam diagram P-h dapat dilihat pada Gambar 5.

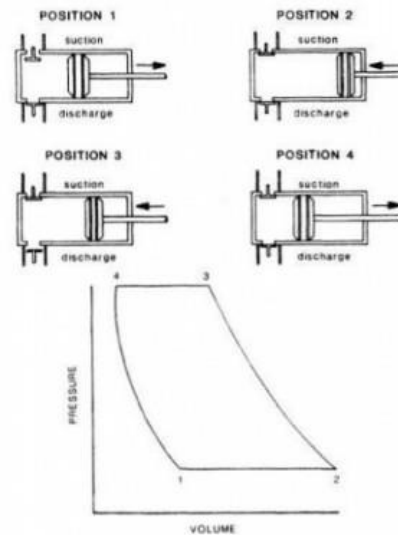


Figure 10-1. Reciprocating compressor action.

Gambar 2.6 Kompresor torak

2.3 Komponen Mesin Refrigerasi

2.3.1 Kompresor

Kompresor adalah jantung dari sistem kompresi uap. Tiga jenis kompresor yang digunakan untuk refrigeran adalah jenis bolak-balik, rotari dan sentrifugal [3].

a. Kompresor Torak

Kompresor Torak memakai katup beban pegas otomatis yang hanya terbuka ketika ada perbedaan tekanan yang cukup terjadi melintang katup. Katup masuk membuka ketika tekanan dalam silinder sedikit berada dibawah tekanan masuk. Katup keluaran membuka ketika tekanan di dalam silinder sedikit diatas tekanan keluar [3].

b. Kompresor Sentrifugal

Kompresor sentrifugal termasuk kedalam kelompok kompresor mekanik adalah kompresor dengan prinsip kerja menkonversikan energi kecepatan gas/udara yang dibangkitkan oleh aksi/gerakan impeller yang berputar dari energi mekanik unit penggerak menjadi energi potensial (tekanan) didalam difuser.

c. Kompresor Rotari

Kompresor rotari umumnya berukuran sangat rendah, walaupun untuk penerapan tekanan rendah seperti pada kompresor tingkat rendah dalam sistem dua tingkat, kompresor rotari dibuat dalam ukuran sampai ratusan daya kuda.

Ada dua jenis kompresor rotari yaitu

1. jenis roller
2. jenis sudu (*vane*) [3].

2.3.2 Kondensator

Kondensor berfungsi untuk membuang kalor dan mengubah wujud bahan pendingin dari gas menjadi cair. Selain itu kondensor juga digunakan untuk membuat kondensasi bahan pendingin gas dari kompresor dengan suhu tinggi dan tekanan tinggi. Kondensor ada tiga macam menurut pendinginannya yaitu:

- Kondensor dengan pendinginan udara (*aircooled*)
- Kondensor dengan pendinginan air (*watercooled*)
- Kondensor dengan pendinginan campuran udara dan air (*evaporative*)

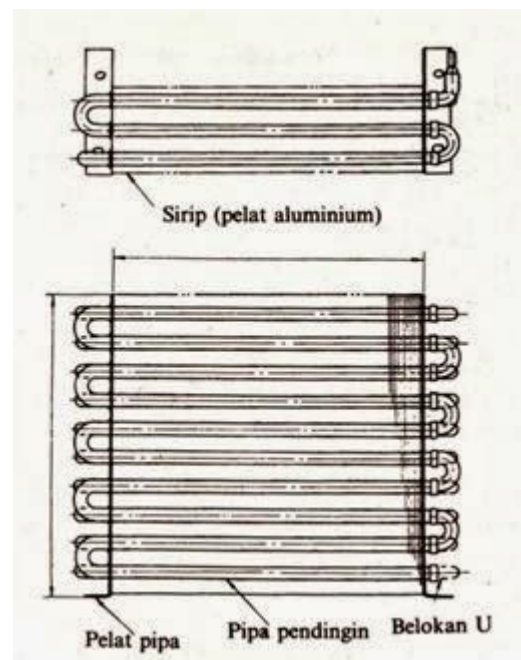
a. *Air Cooled Condenser*

Kondensor berpendingin udara terdiri dari koil pipa pendingin bersirip pelat (pipa tembaga dengan sirip aluminium, atau pipa tembaga dengan sirip tembaga). Udara mengalir dengan arah tegak lurus pada bidang pendingin. Gas refrigeran yang bertemperatur tinggi masuk ke bagian atas dari koil dan secara beransur-ansur mencair dalam alirannya ke bagian bawah koil.

Jarak antara sirip ke pipa pendingin adalah 20 sampai 35 mm. Diameter luar dari pipa pendingin yang biasa digunakan adalah 15,9 mm dan tebalnya 0,6-1,2 mm (0,5 mm untuk pipa kecil). Udara pendingin mengalir pada bidang pendingin dengan kecepatan kira-kira 2,5 m/detik. Luas bidang pendinginan yang diperlukan per ton refrigerasi adalah kira-kira 15-20 oC lebih tinggi dari temperatur udara atmosfer. Pada musim temperatur pengembunan tersebut kira-kira 50 sampai 55oC.

Ciri-ciri kondensor berpendingin udara adalah sebagai berikut:

1. Tidak memerlukan pipa air pendingin, pompa air dan penampung air, karena tidak menggunakan air.
2. Dapat dipasang dimana saja, asal terdapat udara bebas.
3. Tidak mudah terjadi korosi karena permukaan koil yang kering.
4. Memerlukan pipa refrigeran tekanan tinggi yang panjang karena kondensor biasanya diletakkan diluar rumah.
5. Pada musim dingin, tekanan pengembun perlu dikontrol untuk mengatasi gangguan yang dapat terjadi karena turunnya tekanan pengembunan yang terlalu besar, yang disebabkan oleh temperatur udara atmosfer yang rendah [4].



Gambar 7. Kondensor pendingin udara

Besar panas persatuan massa udara yang dilepaskan di kondensor dinyatakan sebagai:

$$q_u = h_2 - h_3 \tag{8}$$

Besarnya Beban udara kondensor yang dilakukan :

$$Q_u = m \times q_u \tag{9}$$

dimana:

- Q_u = Beban udara kondensor (kj/s)
- m = Laju aliran massa udara (kg/s)
- q_u = Kalor yang dilepas oleh udara (kJ/kg)
- h_2 = enthalpy refrigeran saat masuk kondensor (kj/kg)
- h_3 = enthalpy refrigeran saat keluar kondensor (kJ/kg)

Atau dengan rumus lain yaitu:

$$Q_u = m \times C_p \times \Delta T \quad (10)$$

dimana:

- Q_u = Beban udara kondensor (kj/s)
- m = Laju aliran massa udara (kg/s)
- C_p = Panas spesifik (kg/m³)
- ΔT = Perubahan suhu udara kondensor (°C)

Rumus mencari laju aliran massa udara kondensor

$$m = A \times V \times 1/V_{sp} \quad (11)$$

dimana:

- m = Laju aliran massa udara (kg/s)
- A = Luas penampang (m²)
- V = Kecepatan udara (m/s)
- V_{sp} = Volume spesifikasi (m³/kg) (Lorentzen, 1980).

b. *Water Cooled Condenser*

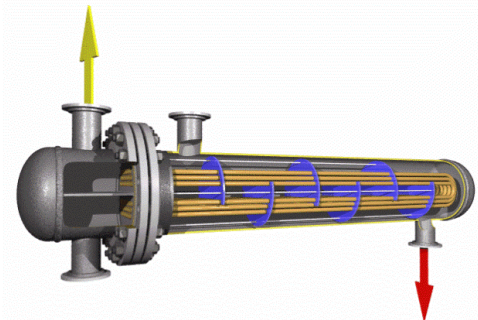
Water Cooled Condenser yang paling banyak digunakan yaitu :

- Shell and Tube Condenser

Shell and Tube Condenser atau Kondensor tipe Tabung dan Pipa digunakan pada kondensor berukuran kecil sampai besar. Biasa digunakan untuk air pendingin berupa ammonia dan freon. Seperti terlihat pada gambar didalam kondensor.

Tabung dan Pipa terdapat banyak pipa pendingin, dimana air pendingin pengalir di dalam pipa-pipa tersebut, ujung dan pangkal

pipa pendingin terikat pada pelat pipa, sedangkan diantara pelat pipa dan tutup tabung dipasang sekat-sekat untuk membagi aliran air yang melewati pipa-pipa dan mengatur agar kecepatannya cukup tinggi, yaitu 1,5 – 2 m/detik.



Gambar 8. Shell and tube condenser

Air pendingin masuk melalui pipa bagian bawah kemudian keluar melalui pipa bagian atas. Jumlah saluran maksimum yang dapat digunakan sebanyak 12, semakin banyak jumlah saluran yang digunakan maka semakin besar tahanan aliran air pendingin. Pipa pendingin ammonia biasa terbuat dari baja sedangkan untuk freon biasa terbuat dari pipa tembaga.

Jika menginginkan pipa yang tahan terhadap korosi bias menggunakan pipa kuningan datau pipa cupro nikel. Ciri-ciri kondensor Tabung dan Pipa adalah :

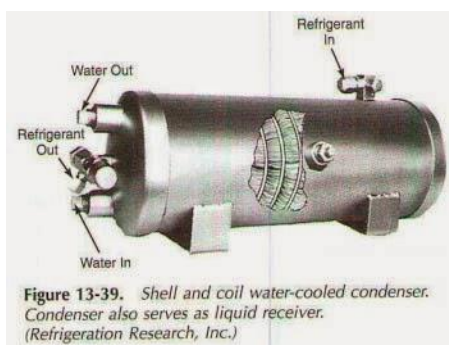
- Dapat dibuat dengan pipa pendingin bersirip sehingga ukurannya relatif lebih kecil dan ringan.
- Pipa dapat dibuat dengan mudah.
- Bantuk yang sederhana dan mudah pemasangannya.
- Pipa pendingin mudah dibersihkan.
- *Shell and Coil Condenser*

Kondensor tabung dan koil banyak digunakan pada unit pendingin dengan Freon

refrigerant berkapasitas lebih kecil, misalnya untuk penyegar udara, pendingin air, dan sebagainya.

Seperti gambar dibawah ini, kondensor tabung dan koil dengan tabung pipa tersebut biasanya dibuat dari tembaga, berbentuk tanpa sirip maupun dengan sirip. Pipa tersebut mudah dibuat dan murah harganya.

Pada kondensor tabung dan koil, aliran air mengalir di dalam koil pipa pendingin. Disini, endapan dan kerak yang terbentuk di dalam pipa harus dibersihkan menggunakan zat kimia (*detergent*).



Gambar 9. *Shell and tube condenser*

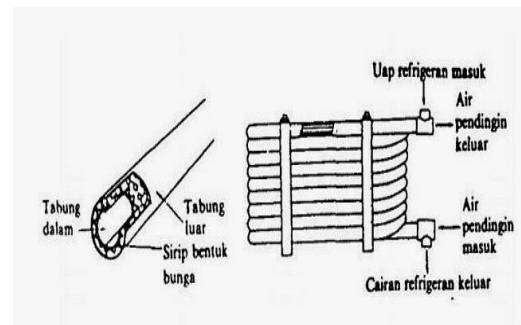
Adapun ciri-ciri Kondensor tabung dan koil sebagai berikut :

- Harganya murah karena mudah dalam pembuatannya.
- Kompak karena posisinya yang vertical dan mudah dalam pemasangannya.
- Tidak perlu mengganti pipa pendingin, tetapi hanya perlu pembersihan dengan menggunakan *detergen*.
- *Tube and Tubes Condenser*

Kondensor jenis pipa ganda merupakan susunan dari dua pipa koaksial dimana refrigerant mengalir melalui saluran yang

terbentuk antara pipa dalam dan pipa luar yang melintang dari atas ke bawah. Sedangkan air pendingin mengalir di dalam pipa dalam arah berlawanan, yaitu refrigerant mengalir dari atas ke bawah.

Pada mesin pendingin berkapasitas rendah dengan Freon sebagai refrigerant, pipa dalam dan pipa luarnya terbuat dari tembaga. Gambar dibawah ini menunjukkan Kondensor jenis pipa ganda, dalam bentuk koil. Pipa dalam dapat dibuat bersirip atau tanpa sirip.



Gambar 10. *Tube and tubes condenser*

Kecepatan aliran di dalam pipa pendingin kira-kira antara 1-2 m/detik. Sedangkan perbedaan temperature air keluar dan masuk pipa pendingin (kenaikan temperature air pendingin di dalam kondensor) kira-kira mencapai suhu 10 °C. Laju perpindahan kalornya relative besar.

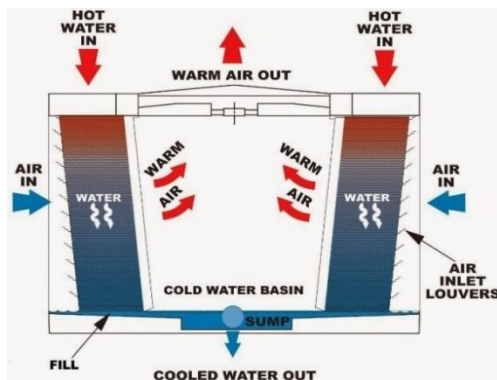
Adapun ciri-ciri Kondensor jenis pipa ganda adalah sebagai berikut :

- Konstruksi sederhana dengan harga yang memadai.
- Dapat mencapai kondisi yang super dingin karena arah aliran refrigerant dan air pendingin yang berlawanan.
- Penggunaan air pendingin relative kecil.
- Sulit dalam membersihkan pipa, harus menggunakan *detergen*.

- Pemeriksaan terhadap korosi dan kerusakan pipa tidak mungkin dilaksanakan.
- Penggantian pipanya pun juga sulit dilakukan [4].

c. *Evaporatif Condenser*

Kombinasi dari kondensator berpendingin air dan kondensator berpendingin udara, menggunakan prinsip penolakan panas oleh penguapan air menjadi aliran udara menjadi kumparan kondensasi.



Gambar 11. *Evaporatif condenser*

2.3.3 Katup ekspansi

Alat ekspansi mempunyai dua fungsi yaitu menurunkan tekanan refrigeran cair dan mengatur aliran refrigeran ke evaporator.

Jenis alat-alat ekspansi:

- Pipa kapiler

Pipa kapiler dibuat dari pipa tembaga dengan lubang dalam yang sangat kecil. Panjang dan lubang kapiler dapat mengontrol jumlah bahan pendingin yang mengalir ke evaporator. Fungsi Pipa kapiler adalah :

- a. Menurunkan tekanan bahan pendingin cair yang mengalir didalamnya.
- b. Mengatur jumlah bahan pendingin cair yang mengalir melaluinya.
- c. Membangkitkan tekanan bahan pendingin di kondensor

- Katup ekspansi tekanan konstan

Katup ekspansi tekanan konstan berfungsi mempertahankan tekanan yang konstan pada sisi keluarannya, yang merupakan masukan evaporator. Katup tersebut mengindera tekanan evaporator, dan bila tekanan tersebut turun kebawah sampai batas kendali, maka katub membuka lebih besar. Bila tekanan evaporator naik keatas batas kendali, katup tersebut menutup sebagian.

- Katup apung (*float valve*)

Katup apung adalah suatu jenis katup ekspansi yang mempertahankan cairan berada pada level yang konstan didalam suatu wadah atau evaporator. Dengan mempertahankan level cairan didalam evaporator, katup apung selalu menciptakan kondisi aliran yang seimbang antara kompresor dan katup itu sendiri [3].

2.3.4 Evaporator

Suatu evaporator dalam sistem refrigerasi adalah penukaran panas yang memindahkan panas dari zat yang didinginkan ke refrigeran yang menguap. Tujuan sistem refrigeran adalah membebaskan panas dari udara, air, atau beberapa benda yang lain. Pembebasan itu dilakukan oleh evaporator.

Evaporator dapat diklasifikasikan berdasarkan konveksi paksa atau konveksi

bebas, tergantung apakah pompa atau fan memaksa fluida yang didinginkan untuk melewati permukaan perpindahan panas atau apakah fluida mengalir secara alami karena perbedaan massa jenis (fluida hangat dan fluida yang didinginkan). Cara lain pengklarifikasikan adalah didasarkan apakah refrigerasi menguap didalam atau di luar pipa/buluh (*tube*) [3].

Ada beberapa jenis evaporator:

a. Jenis ekspansi kering

Dalam jenis ekspansi kering, cairan refrigeran yang diekspansikan melalui katup ekspansi, pada waktu masuk ke dalam evaporator sudah dalam keadaan campuran cair dan uap, sehingga keluar dari evaporator dalam keadaan uap kering.

b. Jenis setengah basah

Evaporator jenis setengah basah adalah evaporator dengan kondisi refrigeran diantara evaporator jenis ekspansi kering dan evaporator jenis basah. Dalam evaporator jenis ini, selalu terdapat refrigeran cair dalam pipa penguap. Oleh karena itu, laju perpindahan kalor dalam evaporator jenis setengah basah lebih tinggi daripada yang dapat diperoleh pada jenis ekspansi kering, tetapi lebih rendah daripada yang diperoleh pada jenis basah.

c. jenis basah

Dalam evaporator jenis basah, sebagian dari evaporator terisi oleh cairan refrigeran. Proses penguapannya terjadi seperti pada katel uap. Gelembung refrigeran yang terjadi karena pemanasan akan naik, pecah pada permukaan cairan atau terlepas dari permukaannya. Sebagian refrigeran kemudian masuk kedalam

akumulator yang memisahkan uap dari cairan. Maka refrigeran yang ada dalam bentuk uap sajalah yang masuk kedalam kompresor. Bagian refrigeran cair yang dipisahkan didalam akumulator akan masuk kembali kedalam evaporator, bersama-sama dengan refrigeran (cair) yang berasal dari kondensor [4].

2.4 DIAGRAM PSIKROMETRIK

Keseluruhan sifat-sifat termodinamika udara atmosfer yang telah dibahas tersebut di atas biasanya dirangkum pada sebuah diagram yang disebut diagram psikrometrik seperti yang ditunjukkan pada gambar 12.

Selain sifat-sifat termodinamika yang telah dibahas diatas, masih ada sifat termodinamika yang bersifat penting terutama pada saat kita mengevaluasi kesetimbangan energi aliran udara yang dikondisikan, yaitu temperatur bola basah dan bola kering, volume jenis dan enthalpi udara [5].

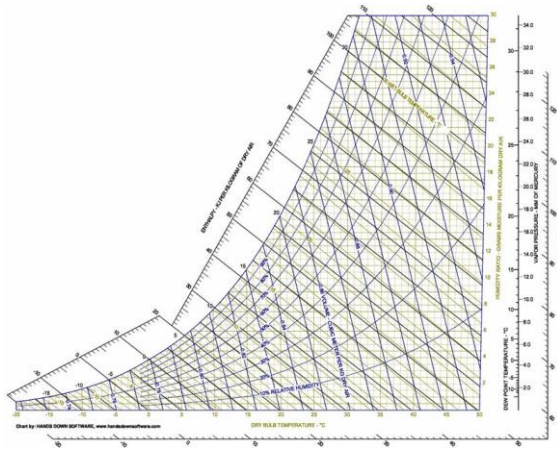
2.4.1 Temperatur Bola Kering t ($^{\circ}\text{C}$)

Temperatur itu dapat dibaca pada termometer dengan sensor kering dan terbuka. Namun, penunjukannya tidaklah tepat karena adanya pengaruh radiasi panas, kecuali jika sensornya memperoleh ventilasi yang cukup baik [4].

2.4.2 Temperatur Bola Basah t' ($^{\circ}\text{C}$)

Dalam hal ini digunakan termometer dengan sensor yang dibalut dengan kain basah untuk menghilangkan pengaruh radiasi panas. Namun, perlu diperhatikan bahwa melalui sensor harus terjadi aliran udara sekurang-kurangnya 5 m/s.

Temperatur bola basah kadang-kadang dinamai temperatur jenuh adiabatik (*adiabatic saturated temperatur*) [4].



Gambar 12. Diagram psikrometrik

2.4.3 Tekanan Parsial Uap Air *f* (mmHg)

Hubungan antara parsial uap air dan temperatur bola basah dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$f \leq f' - 0,5 (t - t') \frac{\text{Tekanan atmosfer, mmHg}}{755} \tag{12}$$

persamaan (12) biasanya disebut persamaan empirik dari sprung, dimana:

- t* = Temperatur bola kering (°C)
- t'* = Temperatur bola basah (°C)
- f* = Tekanan uap jenuh pada *t'*

atau

$$f' = 10 \frac{0,661 + 7,493 t'}{237,0 + t'} \tag{13}$$

persamaan (13) dikenal sebagai persamaan klosik. Pada persamaan (12), tekanan atmosfer dinyatakan dalam mmHg, dimana 1 atmosfer = 760 mmHg [4].

2.4.4 Perbandingan Kelembaban *x*, (kg/kg udara kering, kg/kg_{ud}, kg/kg')

Perbandingan kelembaban adalah perbandingan antara berat uap air dan uap

udara kering yang ada didalam udara (lembab). Hubungan antara tekananan uap *f* dan perbandingan antara *x* adalah sebagai berikut [4].

$$x = 0,6220 \frac{f}{\text{Tekanan atmosfer} - f} \text{ (kg/kg')} \tag{14}$$

atau

$$f = \frac{x}{0,6220 + x} \times (\text{tekanan atmosfer, mmHg}) \tag{15}$$

2.4.5 Kelembaban Relatif ϕ (%)

Kelembaban relatif adalah perbandingan antara udara parsial uap air yang ada didalam udara dan tekanan jenuh uap air pada temperatur air yang sama [4].

2.4.6 Volume Spesifik Udara (*v*)

Volume spesifik udara (*v*) adalah volume udara atmosfer per satuan massa udara kering yang terkandung di dalam sejumlah volume udara atmosfer, biasanya dinyatakan dalam satuan m³/kg udara kering [5].

$$v = (0,7734 + 1,224x) \frac{273,2 + t}{273,2} \left(\frac{760}{\text{Tekanan atmosfer}} \right) \text{ (m}^3/\text{kg)} \tag{16}$$

dimana,

0,7734 = volume spesifik udara kering pada °C dan pada tekanan 1 atmosfer.

1,244 = volume spesifik dari uap air pada °C dan pada tekanan 1 atmosfer.

273,2 = 0 °C dinyatakan dalam °K.

2.4.7 Titik Embun *t'* (°C)

Titik embun adalah temperatur air pada keadaan dimana tekanan uapnya sama dengan tekanan uap udara (lembab). Jadi, pada temperatur tersebut uap air dalam udara mulai mengembun dan hal tersebut terjadi apabila udara (lembab) didinginkan [4].

2.4.8 Enthalpi i (kcal/kg')

Enthalpi adalah energi kalor yang dimiliki oleh suhu zat pada satu temperatur tertentu. Maka enthalpi dari udara lembab dengan perbandingan kelembaban x , pada temperatur t °C, didefinisikan sebagai sejumlah energi kalor yang diperlukan untuk memanaskan 1 kg udara kering dan x kg air (dalam fasa cair) dari 0 °C sampai mencapai t °C dan mengumpulkannya menjadi uap air (fasa gas). Hal tersebut diatas dapat dituliskan dalam persamaan [4]:

$$i = 0,240 t + (597,3 + 0,441 t)x \text{ (kcal/kg')} \tag{17}$$

dimana:

- i = temperatur udara (°C)
- x = perbandingan kelembaban dari udara lembab (kg/kg')
- 0,240 = kalor spesifik dari udara kering (kcal/kg°C)
- 0,441 = kalor spesifik rata-rata dari uap air (kcal/kg°C)
- 597,3 = kalor laten dari air pada 0 °C (kcal/kg)

Persamaan (17) dikenal sebagai persamaan shephard.

2.4.9 Persentase Kelembaban (perbandingan jenuh), ϕ (%)

Persentase kelembaban adalah perbandingan (%) antara perbandingan kelembaban dari

udara lembab dan perbandingan kelembaba jenuh pada temperatur yang sama. Jadi,

$$\Psi = \frac{x}{x_s} \times 100\% \tag{18}$$

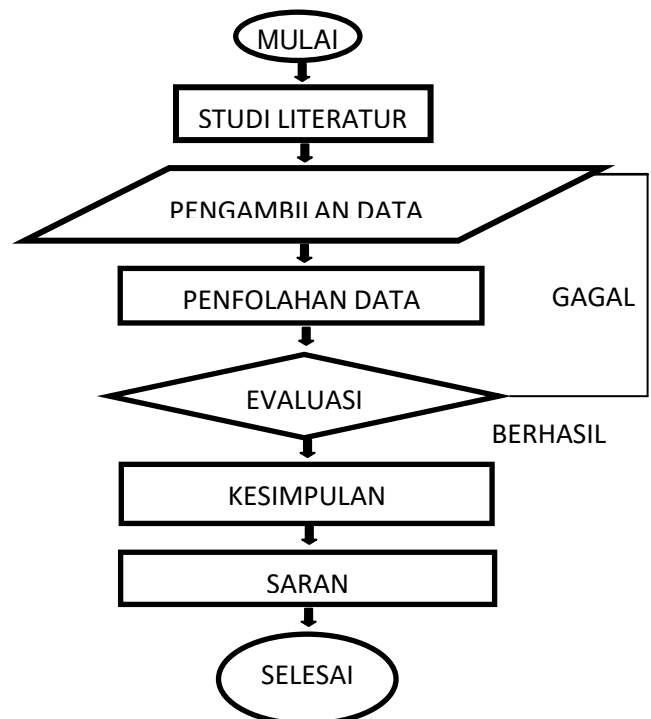
dimana:

- x = Perbandingan kelembaban (kg/kg')
- x_s = Perbandingan kelembaban jenuh pada temperatur yang sama (kg/kg')

Namun, dalam kenyataannya harga hampir sama dengan kelembaban relatif Ψ . Hubungan antara Ψ dan ϕ adalah sebagai berikut [4]:

3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Studi Literatur



Gambar 13. *flow chart*

1. Studi literatur Pada tahap ini penulis mencari dan mengumpulkan literatur-literatur seperti buku-buku tentang teknik pendingin, jurnal-jurnal nasional maupun internasional tentang chiller dan artikel-artikel yang berkaitan. Nantinya teori-teori dari literatur tersebut akan menjadi dasar analisa pada laporan ini.
2. Pengambilan data pada tahap ini data-data yang diperlukan untuk analisa seperti luas penampang kondensor, temperatur dan kelembaban pada kondensor dengan menggunakan alat ukur seperti mistar, termometer, enomometer dan higrometer.
3. Pengolahan Data Pada tahap ini dari data-data yang telah diambil pada tahap sebelumnya kemudian data-data tersebut diolah untuk mengetahui beban udara pada kondensor.
4. Evaluasi pada tahap ini semua data yang sudah diolah kemudian dievaluasi kembali apakah data tersebut sesuai atau tidak, kalau data tersebut tidak sesuai atau terdapat kejanggalan maka dikembalikan ke tahap pengambilan data, dan jika data tersebut sesuai maka akan masuk tahap selanjutnya.
5. Kesimpulan pada tahap ini dari semua perhitungan yang sudah didapat maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian ini.
6. Saran pada tahap ini peneliti memberikan saran terhadap penelitiannya jika masih terdapat kekurangan.

3.2 Bagian-Bagian *Cold Storage*

1. Kompresor

Kompresor hermetik pada dasarnya hampir sama dengan kompresor semi-hermetik. Perbedaannya hanya terletak pada cara penyambungan rumah (baja) kompresor dengan stator motor penggerakannya. Pada kompresor hermetik dipergunakan sambungan las sehingga rapat udara. Pada kompresor semi hermetik dengan rumah terbuat dari besi tuang bagian – bagian penutup dan penyambungannya masih dapat dibuka. Sebaliknya dengan kompresor hermetik, rumah kompresor terbuat dari baja dengan pengerjaan las, sehingga kompresor maupun motor listrik tak dapat diperiksa dengan memotong rumah kompresor. Oleh karena itu kompresor hermetik haruslah dapat dipercaya dan diandalkan. Kompressor hermetik biasanya dibuat untuk unit berkapasitas rendah, sampai 7,5 kW, misalkan pada penyegar udara paket.



Gambar 14. Kompresor

2. Kondensor

Kondensor menerima uap panas refrigeran dari kompresor, melepaskan panas dan mencairkan refrigeran. Kondensor ini adalah bagian bagian terpenting dalam pembuangan panas dalam sistem refrigerasi. Fluida berlebih seperti udara dan air membawa panas.



Gambar 15. Kondensor

3. *Expansion Valve Thermostic*

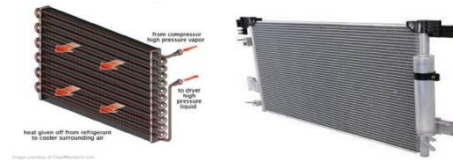
Pada katup ini, refrigeran mengalir masuk melalui lubang masuk dan keluar melalui lubang keluar lalu keluar melalui katup jarum. Ruang keluar dari diafragma dihubungkan dengan lubang keluar dari evaporator melalui pipa penyama tekanan. Oleh karena itu diafragma diisolasi dari lubang keluar oleh paking internal, maka diafragma menerima tekanan keluar dari evaporator.



Gambar 16. Expansi Valve

4. Evaporator.

Pada kebanyakan evaporator refrigeran mendidih didalam pipa-pipa dan mendinginkan fluida yang lewat diluar pipa tersebut. Evaporator yang mendidihkan refrigeran didalam pipa bisa disebut evaporator ekspansi langsung (*direct expansion evaporator*). Evaporator ekspansi langsung yang digunakan untuk pengkondisian udara biasanya disuplai dengan oleh katup ekspansi yang mengatur aliran cairan sedemikian sehingga uap refrigeran meninggalkan evaporator dalam keadaan sedikit panas lanjut. Sebagian cairan mendidih di dalam evaporator, dan sisinya meluap ke saluran keluar. Cairan yang keluar dari evaporator dipisahkan, dan uapnya dialirkan menuju kompresor. Sistem refrigrasi industri suhu rendah 76 biasanya menggunakan ini, karena memiliki keuntungan membasahi semua permukaan evaporator dan menjaga koefisien perpindahan kalor yang tinggi.



Gambar 17. Evaporator

5. Thermostat timer

Sebuah *Thermostat* adalah komponen yang berfungsi sebagai pendeteksi temperatur suatu sistem sehingga temperatur sistem dijaga di dekat setpoint yang diinginkan. Sebuah termostat sering digunakan sebagai unit kontrol utama untuk sistem pemanas atau pendinginan, mulai dari untuk kontrol udara sekitar sampai pada kontrol pendingin di otomotif. Thermostat ini merupakan perangkat kontrol jenis *closed loop*, karena berusaha mengurangi error antara temperatur yang diinginkan dan diukur. Terkadang sebuah termostat menggabungkan *sensing element* dan *control element* dari sistem yang dikendalikan, seperti dalam termostat otomotif.



Gambar 18. Thermostat Digital

6. R-134 A high pressure gauges

R-134 A *high pressure gauges* digunakan untuk mengukur tekanan refrigeran R-134 A pada sisi *high pressure*. Tekanan yang terbaca pada R-134 A *high pressure gauges* ini adalah tekanan pengukuran (*gauge pressure*), maka untuk mendapatkan nilai tekanan absolutnya (*absolute pressure*) kita harus menambahkan 1 atm pada nilai pengukurannya. Gambar





Gambar 19. High Pressure

7. R-134 A low pressure gauge

R-134 A low pressure gauges digunakan untuk mengukur tekanan refrigeran R-134 A pada sisi low pressure. Tekanan yang terbaca pada R-134 A low pressure gauges ini adalah tekanan pengukuran (*gauge pressure*), maka untuk mendapatkan nilai tekanan absolutnya (*absolute pressure*) kita harus menambahkan 1 atm pada nilai pengukurannya.



Gambar 20. Low Pressure

8. Refrigeran R-134 A

Refrigeran R-134 A merupakan gas tak berwarna yang umumnya digunakan sebagai fluida pendingin. R-134 A ini umumnya dipakai untuk peralatan pendingin di rumah-rumah ataupun di gedung-gedung. Sekarang ini penggunaannya sudah mulai dibatasi karena termasuk ke dalam kategori ODP dan GWP.



Gambar 21. Refrigerant R-134 A

9. Filter Dryer

Alat ini mempunyai fungsi untuk menyaring kotoran dari sistem. Pada alat ini di dalamnya terdapat silica gel. Silica gel inilah yang dapat menyerap kotoran dari sistem. Alat ini pasang sesudah liquid receiver dan sebelum sight glass.



Gambar 22. Filter Dryer

10. Sight glasses

Sight Glasses berfungsi untuk melihat apakah refrigeran yang melewati sight glass benar-benar cair atau uap dan untuk melihat cukup tidaknya refrigeran yang mengalir dalam sistem. dan sight glasses ini akan menunjukkan apakah dalam sistem masih terdapat uap air, terlihat dari indikator warna. Alat ini terdapat dua indikator yaitu kuning dan hijau. Kuning mengindikasikan bahwa sistem tersebut terdapat uap air dan jika hijau mengindikasikan bahwa sistem tersebut tidak ada uap air. Penempatan sight glasses biasanya dipasang setelah filter dryer.



Gambar 23. Sight Glass

11. Hand Valve atau Gate Valve

Fungsinya untuk membuka dan menutup aliran (*on-off*), tetapi tidak untuk mengatur besar kecil laju aliran fluida (*throttling*) dengan cara membuka setengah atau seperempat posisinya, Jadi posisi *gate* pada *valve* ini harus

benar-benar terbuka (*fullyopen*) atau benar-benar tertutup (*fully close*).



Gambar 24. Gate Valve

12. Copper Tube 3/8" dan 1/2"

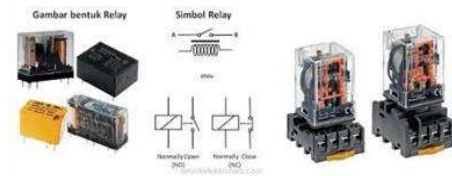
Digunakan untuk penghubung laju aliran masing-masing komponen sesuai dengan diameter *Copper tube* yang dibutuhkan serta dilengkapi dengan *fitting* atau penghubung masing-masing pipa.



Gambar 25. Copper Tube 3/8" dan 1/2"

13. Relay

Relay adalah komponen elektronika yang berupa saklar atau switch elektrik yang dioperasikan menggunakan listrik. *Relay* juga biasa disebut sebagai komponen *electromechanical* atau elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama yaitu coil atau 111 lectromagnet dan kontak saklar atau mekanikal. *Relay* digunakan untuk mengendalikan Sirkuit Tegangan tinggi dengan bantuan dari Signal Tegangan rendah. Ada juga *Relay* yang berfungsi untuk melindungi motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan tegangan ataupun hubung singkat (*Short*).



Gambar 26. Relay

14. Kontaktor

Kontaktor digunakan untuk mengerjakan atau mengoperasikan dengan seperangkat alat control beban, seperti:

- Penerangan
- Pemanas
- Pengontrolan Motor – motor Listrik
- Pengaman Motor – motor Listrik



Gambar 27. kontraktor

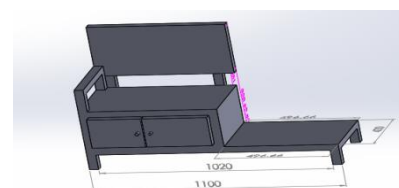
15. Kabin

Kabin berfungsi untuk penyimpanan bahan makanan seperti sayuran dan daging agar kondisi bahan – bahan makanan berubah temperaturnyan dan tahan lama.



Gambar 28. Kabin

16. Speksifikasi meja Trainer Cooler Storage.



Gambar 29. Meja Trainer

3.3 Pengambilan Data

Data yang akan diambil untuk analisa pada penelitian ini adalah:

- Luas penampang kondensor
- T_2 = Suhu keluar kondensor ($^{\circ}\text{C}$)
- T_1 = Suhu masuk kondensor ($^{\circ}\text{C}$)
- V = Kecepatan aliran udara (m/s)
- RH = Kelembapan (%)

Pada tahap ini penulis melakukan pemilihan alat ukur yang akan digunakan untuk pengambilan data yang dibutuhkan dalam pembuatan tugas akhir ini.

Tabel 1. Alat pengambilan data

3.4 Pengolahan Data

Rumus-rumus yang digunakan pada pengambilan data ini adalah

Besar panas persatuan massa udara yang dilepaskan di kondensor dinyatakan sebagai:

$$q_u = h_2 - h_3 \quad (19)$$

Besarnya Beban udara kondensor yang dilakukan :

$$Q_u = m \times q_u \quad (20)$$

dimana:

- Q_u = Beban udara kondensor (kj/s)
- m = Laju aliran massa udara (kg/s)
- q_u = Kalor yang dilepas oleh udara (kJ/kg)
- h_2 = enthalpy refrigeran saat masuk kondensor (kJ/kg)
- h_3 = enthalpy refrigeran saat keluar kondensor (kJ/kg)

Atau dengan rumus lain yaitu:

$$Q_u = m \times C_p \times \Delta T \quad (21)$$

dimana:

- Q_u = Beban udara kondensor (kj/s)
- m = Laju aliran massa udara (kg/s)
- C_p = Panas spesifik (kg/m³)
- ΔT = Perubahan suhu udara kondensor ($^{\circ}\text{C}$)

- Rumus mencari laju aliran massa udara kondensor

$$m = A \times V \times \frac{1}{V_{sp}} \quad (22)$$

dimana:

- m = Laju aliran massa udara (kg/s)
- A = Luas penampang (m²)
- V = Kecepatan udara (m/s)

No.	Nama alat	Keterangan
1	Mistar/Penggaris	1 buah
2	Termometer	1 buah
3	Anemometer	1 buah
4	Higrometer	1 buah

$$V_{sp} = \text{Volume spesifikasi (m}^3\text{/kg) [6].}$$

3.5 Kesimpulan

Setelah semua pengujian telah dilakukan tahap selanjutnya dalah kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan. Dari kesimpulan tersebut akan diketahui beban udara dikondensor.

3.6 Selesai

Selanjutnya hasil penelitian ini dibukukan kemudian diajukan pengesahannya. Tugas Akhir ini dibukukan sesuai dengan aturan Buku Panduan Penulisan Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Jakarta.

4. HASIL YANG DICAPAI DAN MANFAAT BAGI MITRA

Tabel 2. Hasil data pengujian

NO		1	2	3	4
WAKTU		21.00	21.30	22.00	22.30
P (m)		0,24	0,24	0,24	0,24
L (m)		0,20	0,20	0,20	0,20
A (m²)		0,048	0,048	0,048	0,048
V (m/s)		1	1,06	1.2	0,96
m (kg/m³)		0,054	0,058	0,065	0,052
T₁ (°C)	T _{1.1}	27,8	26,9	27,4	28,5
	T _{1.2}	27,8	27,3	27,5	28,4
	T _{1.3}	27,8	26,2	27,39	27,43
	Rata-rata	27,8	26,8	27,43	28,4
T₂ (°C)	T _{2.1}	28,8	30,3	29,3	32,1
	T _{2.2}	28,5	27,8	28	29,5
	T _{2.3}	27,8	27,4	27,5	29,5
	Rata-rata	28,36	28,5	28,26	30,47
RH₁ (%)		93	91	93	94
RH₂ (%)		71	69	73	69
h₁ (kj/kg)		84,5	78,9	82,7	87,8
h₂ (kj/kg)		72,5	72,0	73,7	79,4
qu (kj/kg)		12	6,9	9	8,4
Q_u (kj/s)		0,64	0,4	0,58	0,43

4.1 Perhitungan Data Pengujian

Data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 2.

a. Perhitungan Luas Penampang Kondensor

Untuk menghitung luas penampang dari kondensor menggunakan rumus sebagai berikut:

$$A = P \times L \tag{23}$$

Ket:

A = Luas Penampang Kondensor

P = Panjang Kondensor

L = Lebar Kondensor

Maka:

$$A = P \times L$$

$$A = 0,24 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$$

$$A = 0,048 \text{ m}^2$$

b. Perhitungan Massa Aliran Udara kondensor

Untuk menghitung Massa Aliran Udara diperlukan data luas penampang dari kondensor dan kecepatan aliran udara dari kondensor.

Dengan menggunakan rumus:

$$m = A \times V \times \frac{1}{v_{sp}} \tag{24}$$

dimana:

m = Laju aliran massa udara (kg/s)

A = Luas penampang (m²)

V = Kecepatan udara (m/s)

V_{sp} = Volume spesifikasi (m³/kg)

maka,

$$m = A \times V \times \frac{1}{v_{sp}}$$

$$m = 0,048 \times 1 \times 1/0,88$$

$$m = 0,054 \text{ kg/s}$$

untuk nilai lengkapnya dapat dilihat ditabel 2.

c. Perhitungan Enthalpy Kondensor

Besar panas persatuan massa udara yang dilepaskan di kondensor dinyatakan sebagai:

$$qu = h_2 - h_3 \tag{25}$$

dimana:

qu = Kalor yang dilepas oleh udara (kJ/kg)

$h_2 =$ enthalpy refrigeran saat masuk kondensor (kJ/kg)
 $h_3 =$ enthalpy refrigeran saat keluar kondensor (kJ/kg)

maka,

$$q_u = h_1 - h_2$$

$$q_u = 84,5 \text{ kJ/kg} - 72,5 \text{ kJ/kg}$$

$$q_u = 12 \text{ kJ/kg}$$

untuk nilai lengkapnya dapat dilihat ditabel 2.

d. Perhitungan Beban Udara Kondensor
 Besarnya Beban udara kondensor yang dilakukan :

$$Q_u = m \times q_u \tag{26}$$

dimana:

$Q_u =$ Beban udara kondensor (kJ/s)
 $m =$ Laju aliran massa udara (kg/s)
 $q_u =$ Kalor yang dilepas oleh udara (kJ/kg)
 $h_2 =$ enthalpy refrigeran saat masuk kondensor (kJ/kg)
 $h_3 =$ enthalpy refrigeran saat keluar kondensor (kJ/kg)

maka,

$$Q_u = m \times \Delta h$$

$$= 0,054 \text{ kg/s} \times 12 \text{ kJ/kg}$$

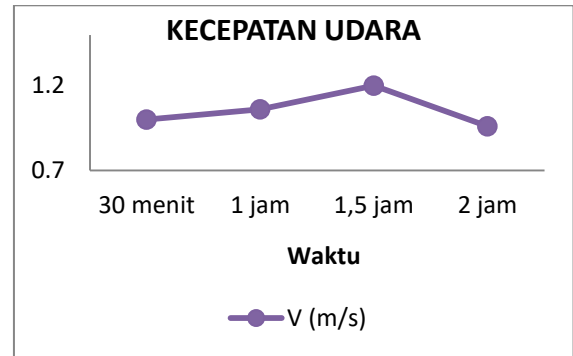
$$= 0,6 \text{ kJ/s}$$

Untuk nilai lengkap dapat dilihat pada tabel 2.

4.2 Diagram Hasil Pengujian

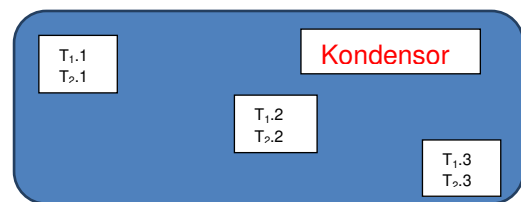
Pada pengambilan data kecepatan, data yang dihitung adalah kecepatan udara keluar kondensor.

No	Waktu	V (m/s)
1	21.00	1
2	21.30	1,06
3	22.00	1,2
4	22.30	0,96



Grafik 1. Kecepatan udara

Pada perhitungan suhu udara kondensor, data yang diambil adalah suhu udara masuk (T_1) dan suhu udara keluar kondensor (T_2).



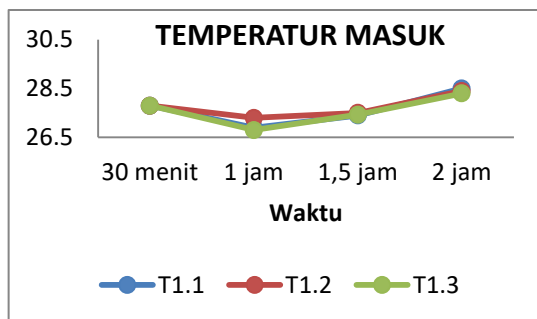
Gambar 4.1 Titik uji temperatur

Dari gambar diatas dapat dilihat pengambilan data temperatur udara kondensor dibagi dalam tiga titik. Dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

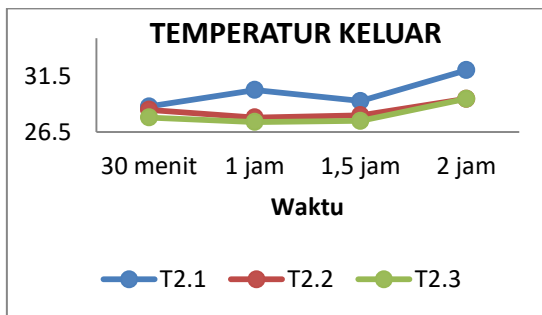
Tabel 3. Data kecepatan aliran udara kondensor

Tabel 4.3 Data temperatur kondensor

NO		1	2	3	4
WAKTU		21.00	21.30	22.00	22.30
T₁ (°C)	T _{1.1}	27,8	26,9	27,4	28,5
	T _{1.2}	27,8	27,3	27,5	28,4
	T _{1.3}	27,8	26,2	27,39	27,43
	Rata-rata	27,8	26,8	27,43	28,4
T₂ (°C)	T _{2.1}	28,8	30,3	29,3	32,1
	T _{2.2}	28,5	27,8	28	29,5
	T _{2.3}	27,8	27,4	27,5	29,5
	Rata-rata	28,36	28,5	28,26	30,47



Grafik 4.2 Temperatur udara masuk (T₁)

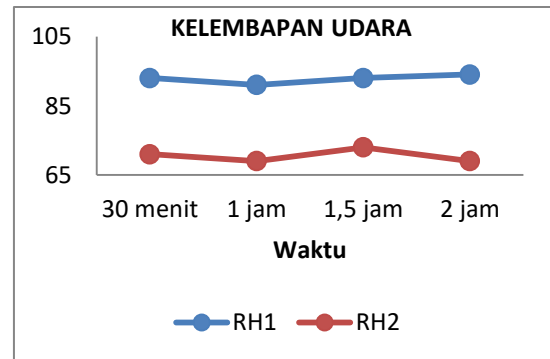


Grafik 4.3 Temperatur udara keluar (T₂)

Pada perhitungan kelembapan udara kondensor, data yang diambil adalah kelembapan udara masuk (RH₁) dan kelembapan udara keluar kondensor (RH₂).

Tabel 4.4 Data kelembapan udara kondensor

Waktu	RH ₁ (%)	RH ₂ (%)
21.00	93	71
21.30	91	69
22.00	93	73
22.30	94	69

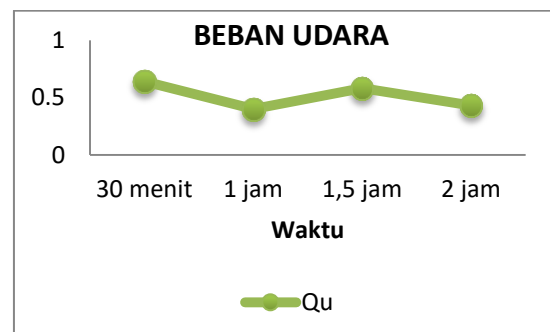


Grafik 4.4 Kelembapan udara (RH)

grafik dari beban udara kondensor dapat dilihat dibawah ini.

Tabel 4.5 Nilai beban udara kondensor

NO	WAKTU	Qu (kj/s)
1	21.00	0,64
2	21.30	0,4
3	22.00	0,58
4	22.30	0,43



Grafik 4.5 Beban udara kondensor

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Dari hasil penelitian maka didapat beban udara terendah 0,4 kj/s pada waktu 21.30 dan beban yang tertinggi 0,6 kj/s pada waktu 21.00 pada kondensor berpendingin udara
2. Dari hasil penelitian maka didapatkan massa aliran udara tertinggi pada waktu 1,5 jam dengan jumlah 0,065 kg/s dan terendah pada waktu 0,052 kg/s.
3. Dari hasil penelitian maka didapatkan temperatur masuk kondensor ditiga titik pengambilan data tidak terlalu berubah secara signifikan dan relatif setara, sedangkan pada temperatur keluar kondensor didapatkan suhu dari titik pengambilan data 1 ke titik pengambilan data 3, temperatur semakin rendah disebabkan suhu refrigeran didalam kondensor semakin menurun.

5.2 Saran

1. Dari hasil penelitian analisa beban udara relatif tidak stabil disarankan untuk mengecek ulang kemungkinan ada kebocoran.
2. Saran untuk massa aliran udara sama dengan beban udara relatif tidak stabil sehingga diperlukan pengecekan ulang kemungkinan ada kebocoran.
3. Dari hasil penelitian didapatkan temperatur udara masuk kondensor relatif tinggi disebabkan posisi

kompresor yang terlalu berdekatan dengan kipas kondensor sehingga suhu dari kompresor terserap oleh kipas kondensor disarankan untuk mengatur kembali tata letak dari komponen-komponen *cold storage*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. R. Buntu, F. P. Sappu, and B. L. Maluegha, "Analisis Beban Pendinginan Produk Makanan Menggunakan Cold Box Mesin Pendingin LUCAS NULLE TYPE RCC2," vol. 6, pp. 20–31.
- [2] I. Faozan, P. Studi, T. Mesin, F. Teknik, U. Mercu, and B. Jakarta, "Analisis Perbandingan Evaporator Kulkas (Lemari Es) Dengan Menggunakan Refrigerant R-22 Dan R-134a," vol. 04, no. 3, pp. 99–105, 2015.
- [3] A. P. & D. Nursuhud, *Mesin Konversi Energi*, Ketiga. CV. ANDI OFFSET, 2013.
- [4] W. Arismunandar, *PENYEGARAN UDARA*. PT. Pradnya Paramita, 1995.
- [5] D. I. C. Soekardi, *Termodinamika Dasar MESIN KONVERSI ENERGI*. CV. ANDI OFFSET, 2015.
- [6] G. Lorentzen, "Principles of refrigeration," *International Journal of Refrigeration*, vol. 3, no. 3. p. 172, 1980.